

## Разработка мембранного регулятора давления «до себя» для системы подготовки пробы теплоносителя

Уткин А.В.<sup>1</sup>, Гимадиев М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, г. Самара, Россия; utkin-alexey1@yandex.ru

<sup>2</sup>Научно-производственное предприятие «Гималаи», г. Самара, Россия; gma@gimalai.com

Регуляторы давления находят широкое применение в различных технических системах, где необходимо поддержание стабильного давления. Одной из таких систем является система подготовки пробы теплоносителя, предназначенная для стабилизации температуры и давления конденсата перед подачей его на приборы автоматического химического контроля [1]. К используемым для этой цели регуляторам давления «до себя» прямого действия предъявляются жёсткие требования по обеспечению минимальной статической погрешности, для реализации которой чувствительный орган выполняется в виде эластичной мембраны большого диаметра с жёстким центром [2, 3]. Ввиду отсутствия методики проектирования подобных регуляторов давления применительно к малым значениям давления и расхода, характерных для системы подготовки пробы теплоносителя, требуется проведение теоретических и экспериментальных исследований регулятора, результаты которых позволят оценить степень влияния основных конструктивных параметров регулятора на его характеристику.

Функционирование регулятора давления «до себя» происходит следующим образом. Поток рабочей среды, подаваемый к входу (рисунок 1), проходит внутрь корпуса 1. Превышение рабочей средой давления настройки приводит к тому, что мембранный блок, состоящий из эластичной мембраны 2 и жёсткого центра 3, сжимает нагрузочную пружину 4, расположенную в колпаке 5, обеспечивая тем самым возможность отрыва от седла 6 конусного наконечника 7, подпираемого вспомогательной пружиной 8. Через образуемую седлом 6 и конусным наконечником 7 кольцевую щель осуществляется сброс рабочей среды и стабилизация давления до регулятора.

Для выбора параметров и разработки конструкции регулятора составлена его расчётная схема в программе Simcenter Amesim (рисунок 2).

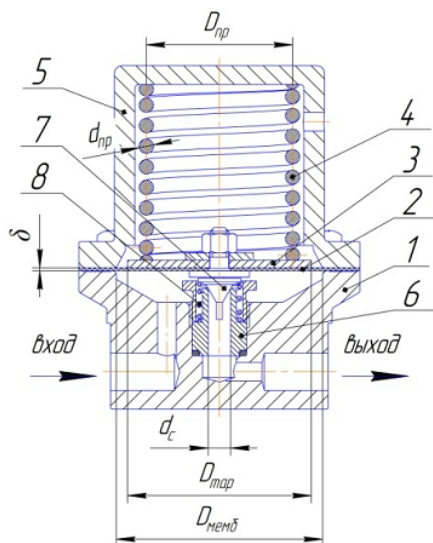


Рисунок 1 – Конструктивная схема регулятора давления «до себя»: 1 – корпус; 2 – эластичная мембрана; 3 – жёсткий центр; 4 – пружина нагрузочная; 5 – колпак; 6 – седло; 7 – конусный наконечник; 8 – пружина вспомогательная

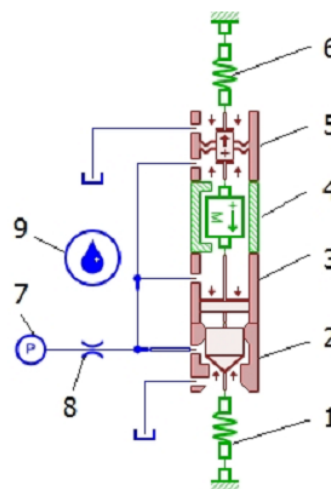


Рисунок 2 – Расчётная схема регулятора давления «до себя» в Simcenter Amesim: 1 – пружина вспомогательная; 2 – конусный наконечник с седлом; 3 – имитация давления на конусный наконечник; 4 – масса; 5 – эластичная мембрана; 6 – пружина нагрузочная; 7 – источник давления; 8 – дроссель; 9 – свойства рабочей среды

При составлении расчётной схемы приняты следующие допущения: жёсткость мембраны пренебрежимо мала по сравнению с жёсткостью нагрузочной пружины; эффективная площадь мембраны постоянна и не зависит от её перемещения; коэффициент расхода регулятора не зависит от числа Рейнольдса.

На основе результатов моделирования, проведённых с применением представленной расчётной схемы, выбраны конструктивные параметры регулятора  $D_{мемб}=56$  мм,  $D_{тар}=49$  мм,  $d_c=6$  мм,  $D_{пр}=39$  мм,  $d_{пр}=3,8$  мм, коэффициент жёсткости нагрузочной пружины 4,5 Н/мм, предназначенного для поддержания давления от 0,16 до 0,2 МПа. Для проверки адекватности разработанной расчётной схемы проведено

сопоставление полученных теоретических результатов с данными экспериментальных исследований регуляторов (рисунок 3).

Анализ полученных зависимостей показывает, что изменение диаметра седла с  $d_c=6$  мм до  $d_c=7$  мм, а также толщины плоской мембраны из ИРП 1287 с  $\delta=0,7$  мм  $\delta=1,1$  мм незначительно влияют на расходно-перепадную характеристику регулятора. При этом расчётная характеристика отличается от экспериментальной не более чем на 12 % в диапазоне расходов жидкости до 2 л/мин. При расходе более 2 л/мин начинает сказываться влияние нелинейности жесткостной характеристики эластичной мембраны [4]. Учёт данного свойства требует проведения дополнительных исследований.

Таким образом, разработанная расчётная схема позволяет выбирать параметры регулятора давления жидкости «до себя», обеспечивающие поддержание требуемого давления настройки в диапазоне расходов до 2 л/мин. Представленные результаты теоретического и экспериментального исследований могут быть использованы производителями систем подготовки проб теплоносителя как для проектирования подобных регуляторов давления, так и при исследовании характеристик системы подготовки пробы в целом.

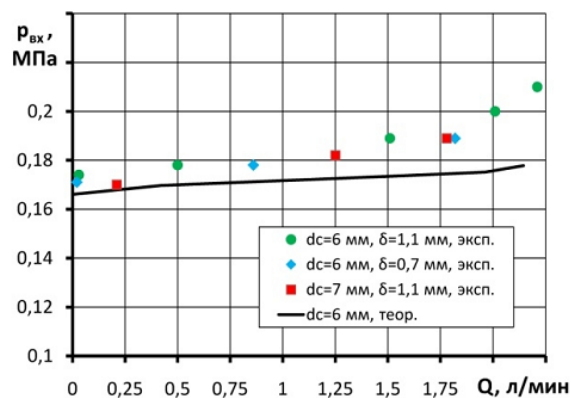


Рисунок 3 – Расходно-перепадные характеристики регулятора давления «до себя» с различными конструктивными параметрами

#### Список использованных источников

- [1] Мехатронная система подготовки пробы теплоносителя / М.А. Гимадиев, А.Г. Гимадиев, А.В. Уткин, Патент на полезную модель. Оpubл. 29.05.2017. Бюл. №16.
- [2] Водяник В.И. Эластичные мембраны, М., Машиностроение, 1974. – 136 с.
- [3] Сысоев С.Н., Воздуган А.А., Одномембранный привод с эффективной переменной площадью // Технические науки, 2016, № 4 (46) часть 2. - С. 194-196.
- [4] Шпиндлер В.М. Исследование параметров резино-тканевых материалов, определяющих работоспособность мембран.: дис. на соиск. учен. степени к-та техн. наук. – Москва, 1977. – 206 с.

*Ключевые слова:* регулятор давления, эластичная мембрана, эффективная площадь, расходно-перепадная характеристика, моделирование, эксперимент

## Development of a diaphragm back pressure regulator for steam and water sample preparation system

Utkin A.V.<sup>1</sup>, Gimadiev M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara University, Samara, Russia; utkin-alexey1@yandex.ru

<sup>2</sup>Research and Production Enterprise «Gimalai» Ltd., Samara, Russia; gma@gimalai.com

The paper presents the results of theoretical and experimental studies of a diaphragm back pressure regulator, used in the steam and water sample preparation system for chemical analysis. The calculation model of the regulator was developed at Simcenter Amesim and includes blocks describing a flexible diaphragm with a rigid center, cone valve, load and additional springs. An analysis of the results shows that in the range of fluid flow rates up to 21 l/min, the diameter of the hole of the saddle and the thickness of the diaphragm slightly affect the flow-rate characteristic of the pressure regulator. Moreover, the calculated characteristic differs from the experimental by no more than 12 % in the range of liquid flow rates up to 2 L/min. At a flow rate of more than 2 L/min, nonlinearity of flexible diaphragm characteristic the begin to affect on flow rate characteristics. The presented theoretical and experimental results can be used by manufacturers of steam and water sample preparation systems for designing such pressure regulators and for studying the characteristics of the steam and water sample preparation systems as a whole.

*Keywords:* pressure regulator, flexible diaphragm, effective area, flow-rate characteristic, modeling, experiment